

Anti-friction bearing

Patent Number: ☐ US4293171
Publication date: 1981-10-06
Inventor(s): KAKUMOTO KEN-ICHI; FUJITA YOSHIKI
Applicant(s): KOYO SEIKO CO
Requested Patent: ☐ DE2942265
Application Number: US19790086676 19791019
Priority Number(s): JP19780132041 19781025
IPC Classification: F16C19/02; F16C33/32
EC Classification: C23C14/02B2, F16C33/30, F16C33/66
Equivalents: ☐ FR2446956, ☐ GB2034417, JP55057717, NL188420B, ☐ NL188420C, ☐ NL7907669

Abstract

Of the components of an anti-friction bearing, the metallic components to be subjected to rolling friction or sliding friction, such as rolling elements, are coated with a multiplicity of metal layers by ion plating. The uppermost layer is made of soft metal with lubricating property. The solid solubility of the metal of each intermediate layer in each adjacent metal is higher than the solid solubility of the soft metal in the metal material of the component.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 2942265 C2

⑰ Aktenzeichen: P 29 42 265.9-12
⑱ Anmeldetag: 19. 10. 79
⑲ Offenlegungstag: 17. 7. 80
⑳ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16. 8. 84

⑤ Int. Cl. 3:
F 16 C 33/66
F 16 C 33/32
F 16 C 33/62
H 01 J 35/10

DE 2942265 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
25.10.78 JP P53-132041

⑦ Patentinhaber:
Koyo Seiko Co., Ltd., Osaka, JP

⑦④ Vertreter:
Stach, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 2000
Harrburg

⑦② Erfinder:
Kakumoto, Ken-Ichi, Osaka, JP; Fujita, Yoshiki, Nara,
JP

⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-PS 8 60 731
DE-AS 12 61 709
DE-OS 17 75 017
GB 8 10 015
GB 7 17 081

D.M.Mattox: Film Deposition using Accelerated
Ions, Office of Technical Services Department of
Commerce, Washington/USA 1963;

⑤④ Reibungsarmes Wälzlager

DE 2942265 C2

= G B 2 034 417 A

FIG.1

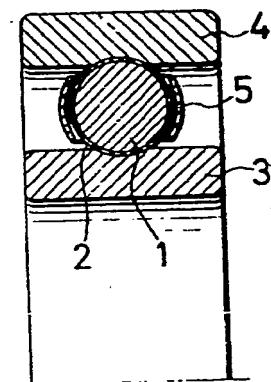


FIG.2

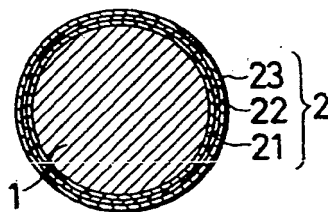


FIG.3

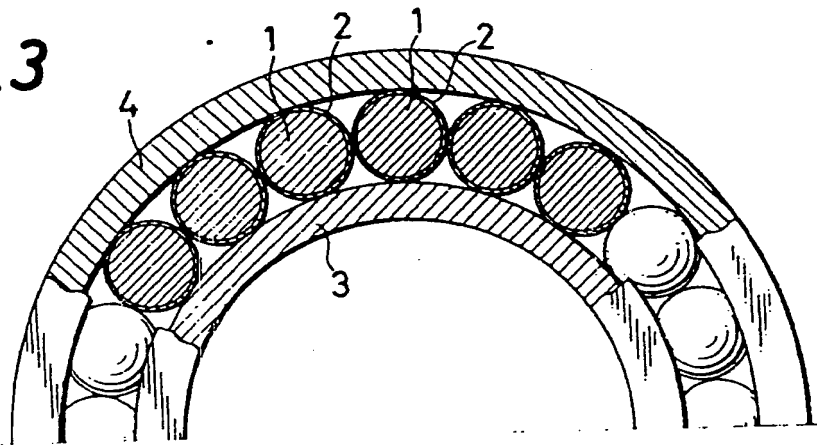
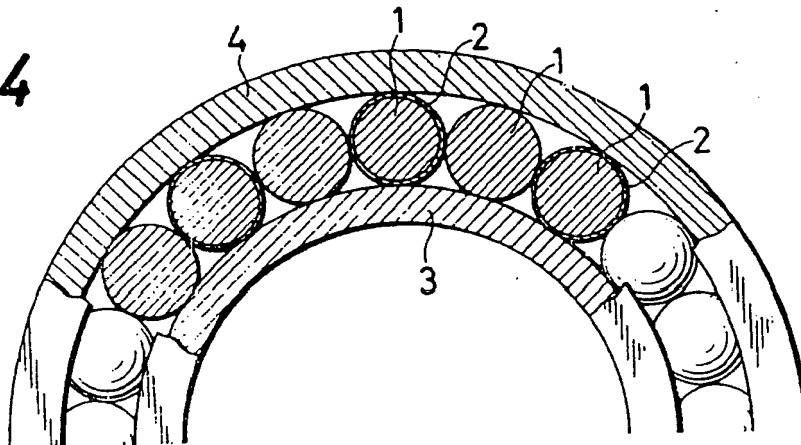


FIG.4



Patentanspruch:

Reibungsarmes Wälzlager mit Wälzkörpern und diese führenden Lagerteilen aus einer Eisenlegierung, wobei mindestens einige Wälzkörper und gegebenenfalls auch andere Lagerteile mit einer Beschichtung mit einer auf eine metallische Zwischenschicht aufgetragenen Außenschicht aus schmierwirksamem Metall versehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung jeweils

- a) eine durch Ionenplattierung aufgetragene Nickel-Zwischenschicht (21),
- b) eine auf die Nickel-Zwischenschicht (21) durch Ionenplattierung aufgetragene Kupfer-Zwischenschicht (22) sowie
- c) eine auf die Kupfer-Zwischenschicht (22, 21) durch Ionenplattierung aufgetragene schmierwirksame Außenschicht (23) aus Gold oder Silber aufweist.

Die Erfindung betrifft ein reibungsarmes Wälzlager mit Wälzkörpern und diese führenden Lagerteilen aus einer Eisenlegierung, wobei mindestens einige Wälzkörper und gegebenenfalls auch andere Lagerteile mit einer Beschichtung mit einer auf eine metallische Zwischenschicht aufgetragenen Außenschicht aus schmierwirksamem Metall versehen sind.

Das aus der GB-PS 171081 bekannte Wälzlager dieser Art weist eine Silber-Zwischenschicht und eine Indium-Außenschicht auf, die jeweils elektrolytisch aufgebracht sind. Bei solchen elektrolytisch plattierten Lagerteilen kommt es im Betrieb zu Ablösungen der Zwischen- bzw. Außenschicht, da diese nicht die nötige Haftfestigkeit am Untergrund erreichen; das führt zu Betriebsstörungen und erhöhtem Aufwand.

Bei der in der DE-OS 17 75 017 beschriebenen ähnlichen Gleitreibpaarung sind auf einen Grundmetallkörper aus Stahl ein Zwischenschicht aus Nickel und eine Außenschicht aus Gold aufgebracht. Es können auch mehrere Metall-Zwischenschichten vorgesehen werden, wobei jedes dieser Metalle gleichzeitig in dem ihm vorhergehenden und dem nachfolgenden Metall löslich und das mit dem Grundmetall direkt in Berührung stehende Metall in diesem löslich sein soll. Diese Beschichtungen werden mechanisch oder ebenfalls elektrolytisch aufgebracht und unterliegen auch den bereits genannten Ablosungsbeschädigungen.

Aus dem Aufsatz von D.M. Mattox, „Film Deposition Using Accelerated Ions“, Office of Technical Services, Dept. of Commerce, Washington, USA, von 1963 ist es bereits bekannt, metallische Körper in einer inerten Gasatmosphäre durch Ionenplattierung mit metallischen Oberflächenfilmen zu versehen.

Aufgabe der Erfindung ist es nun, ein reibungsarmes Wälzlager der eingangs genannten Art mit verlängerter Lebensdauer zu schaffen.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist das Wälzlager der eingangs genannten Art erfindungsgemäß die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs definierten Merkmale auf.

Die Verwendung des Ionenplattierungsverfahrens für Wälzlager wird als solche im Rahmen dieser Erfindung nicht beansprucht.

Das erfindungsgemäße Wälzlager weist durch die Ionenplattierung fest mit dem jeweiligen Untergrund verbundene Zwischen- bzw. Außenschichten auf, die auch nach längerer Betriebsdauer frei von Ablösungsbeschädigungen sind. Die Materialwahl in den verschiedenen Schichten führt dazu, daß die Festzustandslöslichkeit des Metalls der Zwischenschicht in jedem angrenzenden Metall höher ist als die Festzustandslöslichkeit des Metalls der Außenschicht im Metall des Wälzkörpers. Dabei wird eine Schichtzerstörung durch Fortdiffusion des schmierenden Außenschichtmetalls verhindert.

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Wälzlagers an Hand der beigefügten Zeichnungen weiter erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 einen Vertikalschnitt eines Wälzlagers,

Fig. 2 eine vergrößerte Schnittansicht eines Wälzkörpers nach Fig. 1 und

Fig. 3 und 4 teilweise gebrochene Vorderansichten abgewandelter Wälzlager.

Fig. 1 zeigt eine Kugel 1 als Wälzkörper mit einer Beschichtung 2. Ein Innenring 3 und ein Außenring 4 bilden Laufringe, ein Käfig 5 dient zur Führung der Kugel 1.

Wie Fig. 2 schematisch zeigt, umfaßt die Beschichtung 2 auf die Oberfläche der Kugel 1 durch Ionenplattierung aufgetragene Zwischenschichten 21 und 22 sowie eine Gold- oder Silber-Außenschicht 23 mit Schmiereigenschaften, also mit niedrigem Reibungskoeffizienten, die auf die äußerste Zwischenschicht 22 durch Ionenplattierung aufgebracht ist. Zur Aufbringung der Außenschicht 23 aus Gold oder Silber wird die Kugel 1 gesäubert und dann zur Bildung der Zwischenschichten 21 und 22 mit Nickel und nachfolgend mit Kupfer Ionenplattiert. Die Kupfer-Zwischenschicht 22 wird daraufhin mit Gold oder Silber Ionenplattiert. Die Festzustandslöslichkeit des Nickels bzw. Kupfers der jeweiligen Zwischenschicht 21, 22 in den jeweils benachbarten Metallen ist höher als die Festzustandslöslichkeit von Gold oder Silber in dem Metall der Kugel 1.

Gold, Silber oder ähnliche weiche Metalle mit Schmiereigenschaften bzw. niedrigen Reibungskoeffizienten weisen eine geringe Festzustandslöslichkeit in Eisenlegierungen auf, die für Lagerteile wie Walzelemente, Ringe und Käfige verwendet werden, wie Tabelle 1 zeigt. Wenn derartige Eisenlegierungen direkt mit dem weichen Metall Ionenplattiert werden, weist die dadurch erhaltene Außenschicht eine geringe Haftfestigkeit auf und löst sich deshalb innerhalb kurzer Zeit vom Lagerteil ab.

Die Festzustandslöslichkeiten (solid solubility) von Metallen in anderen Metallen in Tabelle 1 sind dem Buch „Constitution of Binary Alloys“ (1958) von Dr. Max Hansen entnommen und in Atomprozenten (at.-%) ausgedrückt.

Tabelle 1

Metallkombinationen	Löslichkeit (at.%)
Silber in Eisen	0 — 0,52
Silber in Kupfer	0,06 — 4,9
Kupfer in Nickel	100
Nickel in Eisen	7 — 9
Gold in Eisen	1,3 — 1,5

Tabelle 1

Metallkombinationen	Löslichkeit (at.%)
Gold in Kupfer	20
Silber in Nickel	1
Gold in Nickel	2

Bei der Ionenplattierung unterliegen das Metall, auf das plattiert werden soll, sowie das Plattiermaterial direkter atomarer Reaktion in einer inerten Gasatmosphäre, so daß die Haftstärke der Plattierungsschicht stärker von der Festzustandslöslichkeit des einen Metalls in dem anderen Metall abhängt, als das bei anderen Plattierungsverfahren der Fall ist. Andererseits zeigen Gold oder Silber eine niedrige Festzustandslöslichkeit in Eisenlegierungen, als als Materialien für Lagerteile weiterhin verwendet werden. Daher ist zumindest eine Zwischenschicht aus Nickel zwischen dem Lagerteil und der Außenschicht aus Gold oder Silber vorgesehen. Das Nickel der Zwischenschicht hat eine höhere Festzustandslöslichkeit in jedem benachbarten Material im Vergleich mit der Festzustandslöslichkeit des Goldes oder Silbers in dem Metall des Lagerteils, wodurch das Außenschichtmetall mit dem Lagerteil mit erhöhter Festigkeit verbunden wird. Dieses Wälzlager kann vorteilhaft für beispielsweise Vakuum-, Tiefst- und Hochtemperaturen angewandt werden.

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse eines Versuchs mit einem erfindungsgemäßen Wälzlager, einem nur mit Gold durch Ionenplattierung beschichteten Lager und einem Lager ohne Plattierung.

Tabelle 2

Versuchsgegenstand	relative Lebensdauer
erfindungsgemäßes reibungsarmes Wälzlager, bei dem die Wälzkörper mit Nickel, dann mit Kupfer und danach mit Gold Ionenplattiert wurden	700
reibungsarmes Wälzlager, bei dem die Wälzkörper nur direkt mit Gold Ionenplattiert wurden	9
übliches unplattiertes reibungsarmes Wälzlager	1

Die Versuchs-Wälzlagertypen und die Versuchsbedingungen waren folgende:

Wälzlagertyp:	Kugellager Nr. 6009
Testbedingungen: Temperatur:	Zimmertemperatur
Umgebungsdruck:	$\leq 10^{-5}$ Torr
Umdrehungsgeschwindigkeit:	200 Upm
Lager-Druckbelastung:	48 kp

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse eines weiteren Versuchs, der mit dem erfindungsgemäßen Wälzlager mit einem Käfig (Fig. 1) bzw. ohne Käfig (Fig. 3) durchgeführt wurde.

Tabelle 3

Versuchsgegenstand	Lebensdauer
erfindungsgemäßes Wälzlager mit Wälzkörpern, die mit Nickel, dann mit Kupfer, danach mit Gold plattiert wurden, ohne Käfig	60
dto. mit Käfig	120
erfindungsgemäßes Wälzlager mit Wälzkörpern, die mit Nickel, dann mit Kupfer und danach mit Silber Ionenplattiert wurden, ohne Käfig	200
dto. mit Käfig	250

Der dabei verwendete Wälzlagertyp und die Versuchsbedingungen waren folgende:

Lagertyp:	Nr. 62a
Testbedingungen: Temperatur:	Zimmertemperatur
Umgebungsdruck:	$\leq 10^{-5}$ Torr
Umdrehungsgeschwindigkeit:	200 Upm
Lager-Druckbelastung:	15 kp

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß die erfindungsgemäßen Wälzlager eine bedeutend längere Lebensdauer als solche aufweisen, deren Wälzkörper nur durch Ionenplattierung direkt mit Gold oder Silber beschichtet wurden. Bei solchen Wälzlagern ohne Zwischenschicht trägt der Käfig dazu bei, daß sich die Beschichtung während des Lagerlaufens abnutzt und ablöst. Daher zeigen diese reibungsarmen Wälzlager ohne Käfig eine längere Lebensdauer als mit Käfig. Wie andererseits das in Tabelle 3 enthaltene Versuchsergebnis zeigt, weisen die erfindungsgemäßen reibungsarmen Wälzlager mit Käfig überraschenderweise eine verhältnismäßig längere Lebensdauer als die ohne Käfig auf. Der Grund dafür dürfte darin zu suchen sein, daß die Außenschicht mit dem schmierfähigen weichen Metall, also Gold oder Silber, mit hoher Festigkeit an die Zwischenschicht 21 oder 22 aus Nickel oder Kupfer gebunden ist.

Wie bereits beschrieben, sind zumindest die Wälzkörper mit der erfindungsgemäßen Beschichtung 2 versehen, da die effektive Berührungsfläche mit niedrigem Reibungskoeffizienten dadurch viel größer ist, als wenn die Beschichtung 2 auf dem Laufring oder am Käfig ausgebildet würde. So wird eine stark verbesserte Schmierung erreicht; außerdem ist die Beschichtung leichter auszubilden. Insbesondere, wenn die Wälzkörper wie beschrieben Kugeln sind, wechselt der in Berührung mit den Laufringen stehende Teil der Kugel während des Laufs des Wälzlagers aufgrund der Spinbewegung der Kugeln. So dient die gesamte Fläche der Kugel als effektive Kontaktfläche, was zu sehr geringen Reibungskoeffizienten beiträgt.

Jedoch ist die Beschichtung 2 nicht auf die Wälzkörper 1 beschränkt, vielmehr können solche Beschichtungen gleichermaßen auf den inneren und/oder äußeren Laufringen 3 und 4 vorgesehen werden. Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse eines weiteren Versuchs, bei dem ein derart beschichtetes Wälzlager im Vergleich mit anderen Lagern stand.

Tabelle 4

Versuchsgegenstand	relative Lebensdauer
erfindungsgemäßes reibungsarmes Wälzlager, bei dem die Wälzkörper mit Nickel, dann mit Kupfer und danach mit Silber beschichtet wurden	19
erfindungsgemäßes reibungsarmes Wälzlager, bei dem die Wälzkörper sowie die Innen- und Außenringe mit Nickel, dann mit Kupfer, danach mit Silber beschichtet wurden	18
nichtplattiertes herkömmliches Wälzlager mit niedriger Reibung	1
Wälzlagertypen und Versuchsbedingungen waren folgende:	

Wälzlagertyp:	Kugellager Nr. 727
Versuchsbedingungen:	Temperatur: Zimmertemperatur
	Umgebungsdruck: $\leq 10^{-5}$ Torr
	Umdrehungsgeschwindigkeit: 100 Upm
	Lager-Druckbelastung: 6 kp
	Radialbelastung: 4,6 kp

Die Versuchsergebnisse in Tabelle 4 zeigen, daß das Wälzlager, bei dem der innere und der äußere Lauftring ebenso wie die Kugeln erfindungsgemäß beschichtet sind, in etwa die gleiche Lebensdauer wie ein Wälzlager aufweist, bei dem nur die Wälzkörper derart beschichtet sind.

Obwohl alle Wälzkörper 1 der gesamten Ausführungsformen zur Aufnahme der Lager-Druckbelastung mit Zwischenschichten 21 und 22 aus Nickel und Kupfer und einer äußeren Gold- oder Silberschicht 23 ausgebildet sind, kann statt dessen bei Lagern ohne Käfig, beispielsweise Kugellagern, jede zweite Kugel 1 mit der Beschichtung 2 versehen werden, wie Fig. 4 zeigt. Die Tabelle 5 zeigt, daß so beschichtete Wälzlager eine längere Lebensdauer als Wälzlager haben, bei denen alle Kugeln 1 die Beschichtung 2 aufweisen.

In diesem Falle sind die Kugeln 1 mit der Beschichtung 2 durchmessermäßig größer als die unbeschichteten Kugeln 1, und zwar um den Betrag, der der Stärke der Beschichtung 2 entspricht. Die beschichteten Kugeln 1 tragen die Lagerbelastung, während die unbeschichteten Kugeln als Abstandhalter dienen.

Tabelle 5

Versuchsgegenstand	relative Lebensdauer
alle Kugeln 1 ionenplattiert mit Nickel, dann mit Kupfer, danach mit Silber (Kugellager Nr. 626)	5
nur jede zweite Kugel 1 ionenplattiert mit Nickel, dann mit Kupfer, danach mit Silber (Kugellager Nr. 626)	12
Versuchsbedingungen:	
Temperatur:	Zimmertemperatur
Umgebungsdruck:	$\leq 10^{-5}$ Torr
Umdrehungsgeschwindigkeit:	3.200 Upm
Lager-Druckbelastung:	15 kp

Obwohl die oben beschriebenen Ausführungsformen Kugellager sind, ist die Erfindung auch vorteilhaft anzuwenden für andere Wälzlager niedriger Reibung, wie Kugellager und sphärische Lager.

Bislang war man der Meinung, daß der Käfig dazu führt, die Ablösung einer Beschichtung vom Wälzkörper zu beschleunigen, jedoch zeigt der Käfig bei erfindungsgemäßen Wälzlagern keine nachteiligen Einflüsse auf die Gold- oder Silberschicht 23. Er kann vielmehr seine Funktion voll erfüllen, so daß es nicht notwendig ist, eine Rille für die Kugeln auszubilden. Dadurch wird die Anzahl von Arbeitsschritten bei der Fertigung vorteilhaft verringert.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

[REDACTED]